

Список использованных источников

1. Топливо и расчеты его горения: учебное пособие / С.Н. Гушин, Л.А. Зайнуллин, М.Д. Казяев, Б.П. Юрьев, Ю.Г. Ярошенко; под ред. Ю.Г. Ярошенко. – Екатеринбург: УрФУ 2014. – 105 с.
2. Теплотехнические расчеты металлургических печей / Зобнин Б.Ф., Казяев М.Д., Китаев Б.И., Лисиенко В.Г., Телегин А.С., Ярошенко Ю.Г. Учебное пособие для студентов вузов. Изд. 2-е. – М.: «Металлургия», 1982. – 360 с.
3. Теория и практика теплогенерации: учебник. Изд. 2-е, перераб. и доп. / С.Н. Гушин, М.Д. Казяев, Ю.В. Крюченков [и др.]; под ред. В.И. Лобанова и С.Н. Гушина. – Екатеринбург: УГТУ–УПИ, 2005. – 379 с.
4. Дипломное и курсовое проектирование теплотехнических агрегатов: методические указания к оформлению дипломных и курсовых работ / Н.Б. Лошкарёв, А.Н. Лошкарёв, Л.А. Зайнуллин. – Екатеринбург: УГТУ–УПИ, 2007. – 52 с.

УДК 622.7:622.367.6

А. Ю. Евстратенко, Б. П. Юрьев, В. А. Гольцев, В. А. Дудко

ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет

имени первого Президента России Б.Н.Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

ИЗУЧЕНИЕ ПРОЦЕССА СУШКИ АСБЕСТОВОЙ РУДЫ В ШАХТНЫХ ПЕЧАХ

Аннотация

Приведены результаты промышленных исследований процесса сушки асбестовой руды, наиболее важной и ответственной операции при обогащении асбеста. Рассмотрены две схемы теплообмена: противоточная и комбинированная, когда часть теплоносителя подается в верхнюю часть шахты. Показана достаточно эффективная работа шахтной печи в противоточном режиме даже в случае уменьшения полезной высоты шахты в два раза. Проведены замеры температуры руды и влажности по высоте шахты, наиболее важных показателей, характеризующих работу шахтных печей. Приведены данные по газодинамическому и тепловому режимам работы печей. Установлены причины неудовлетворительного процесса сушки и даны конкретные рекомендации по повышению эффективности сушки и экономии топлива. Для увеличения степени равномерности распределения газового потока по сечению шахты необходимо отказаться от одностороннего ввода газа и заменить существующие массивные топki с горелками на современные теплогенераторы с двухступенчатой схемой подготовки теплоносителя.

Ключевые слова: асбестовая руда, шахтная печь, процесс сушки, схемы теплообмена, шахта, теплоноситель, расход, режимы, байпас.

Abstract

The results of industrial studies of the drying process of asbestos ore, the most important and crucial operation in the enrichment of asbestos, are presented. Two heat exchange schemes are considered: countercurrent and combined, when part of the coolant is supplied to the upper part of the shaft. A sufficiently efficient operation of the shaft furnace in countercurrent mode is shown even

in the case of a useful mine height being halved. The ore temperature and humidity along the height of the mine, the most important indicators characterizing the operation of shaft furnaces, were measured. The data on the gas-dynamic and thermal modes of operation of the furnaces. The reasons for the unsatisfactory drying process have been established and specific recommendations have been made on improving the drying efficiency and fuel economy. To increase the degree of uniformity of the gas flow distribution over the mine section, it is necessary to abandon the one-way gas input and replace the existing massive fireboxes with burners with modern heat generators with a two-stage coolant preparation scheme.

Key words: *asbestos ore, shaft furnace, drying process, heat exchange schemes, mine, coolant, consumption, modes, by-pass.*

Основной метод обогащения асбеста – это извлечение волокон асбеста из дробленной руды с помощью воздуха. Для его реализации необходимо высушить асбестовое волокно до содержания влаги 1,6-1,8 %. Исходная асбестовая руда содержит от 2 до 8 % влаги в зависимости от погодных и горно-геологических условий [1-3]. Операция сушки и оборудование для ее осуществления являются наиболее важными и ответственными при обогащении асбеста [4-6].

В настоящее время существуют две схемы теплообмена для сушки асбестовой руды в шахтных печах – противоточная и комбинированная [7-8]. В ОАО «Ураласбест» для сушки асбестовой руды применяют вертикальные шахтные печи (сушила) ВПШ 2х2х18 м с конвективным способом сушки руды дымовыми газами. При этом одни шахтные печи работают по противоточной схеме, например, шахтная печь № 1 (рис. 1, а), а другие по комбинированной схеме, например, шахтная печь № 2 (см. рис. 1, б), когда часть газов из топки обводным путем подают через байпас в верхнюю часть шахты, а их отвод из последней осуществляют через два трубопровода, установленные в средней части шахты.

Объем топки составляет 26 м³. Для получения теплоносителя сжигают природный газ. Теплота сгорания природного газа составляет 36200 кДж/м³. В качестве топливосжигающих устройств используют горелки ГМГ-4, которые при необходимости могут работать и на мазуте, являющимся резервным топливом. Расход топлива порядка 500 кг у.т/ч. Гранулометрический состав руд следующий: для печи № 1 (0-12,7 мм – 37,5 %; 12,7-25 – 20,1; 25-30 – 17,4; 35-50 – 5,1; +50 мм – 2,9 %); для печи № 2 (0-12,7 мм – 61,2 %; 2,7-25 – 24,1; 25-35 – 7; 35-50 – 2,6; +50 мм – 8,8 %).

Рабочий объем печей – 50 м³. Производительность по исходной руде - порядка 120 т/ч. Температура газов, поступающих в печь из топки, должна быть не более 900 °С, а выходящих из печи – 60-70 °С.

Движение теплоносителя в печи и системе газоходов осуществляется за счет разрежения, создаваемого дымососом Д20 производительностью 140 тыс. м³/ч. Воздух для горения подают дутьевым вентилятором Д10 производительностью 15 тыс. м³/ч.

Система очистки отработанного газа от взвешенных частиц высушиваемого материала двухступенчатая с использованием циклонов диаметром 2250 и 3000 мм и рукавных фильтров фирмы «Тилгман Вилебрейтор».

Цель данной работы заключалась в исследовании и сравнении процессов сушки асбестовой руды в шахтных печах с различными схемами движения теплоносителя и материала (противоточной (см. рис. 1, а) и прямоточно-противоточной (см. рис. 1, б), а также в обосновании выбора наиболее рациональной схемы, позволяющей получать конечный продукт с более высокими технологическими свойствами.

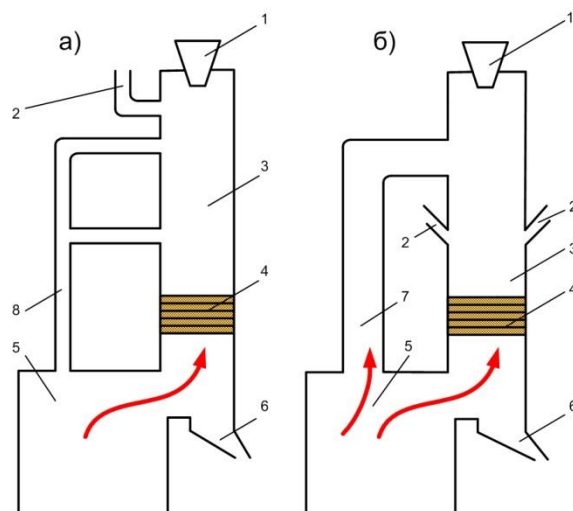


Рис. 1. Схема шахтной печи (сушила) с противоточной (а) и с прямоточно-противоточной (б) схемами теплообмена:

1 – узел загрузки; 2 – газотводящие каналы; 3 – шахта; 4 – решетка; 5 – топка; 6 – узел разгрузки; 7 – байпас; 8 – трубопровод

Объектом исследования по первой схеме служила шахтная печь № 1, а по второй – № 2. В печь № 2, в отличие от печи № 1, в нижнюю часть шахты подавали только часть теплоносителя, а другую его часть направляли через обводной канал (байпас) в верхнюю часть шахты, где использовали в прямоточной схеме движения. Отработанные газы из нижней и верхней частей печи удаляли через два цилиндрических патрубка, расположенных в центральной части печи. При полностью отключенном байпасе шахтная печь работала по противоточной схеме с уменьшенной полезной высотой шахты. Высота печи, занятая насадками, составляет 12100 мм. Расстояние по высоте от нижнего колосника до колосника, расположенного перед отводящими газоходами, равно 5250 мм. Соответственно, рабочие объемы составляют 48,4 и 21 м³. Следовательно, нижняя часть шахтной печи имеет по полезной высоте меньший размер.

Изменение температуры руды и ее влажности на печах № 1 и № 2 приведено на рис. 2 для различных случаев перекрытия байпаса: $F = 0$ – закрыт полностью; $F = 0,5$ – перекрыт на 50 %; $F = 1$ – открыт полностью.

Установлено, что даже в том случае, когда байпас полностью перекрыт (печь № 2) и полезная высота шахты практически уменьшилась в два раза эффективность сушки оказалась достаточно высокой, несмотря на повышенную исходную влажность руды порядка 7,2 %. Показано, что в таком режиме печь № 2 может работать 6 месяцев в году, что связано со значительной экономией топлива.

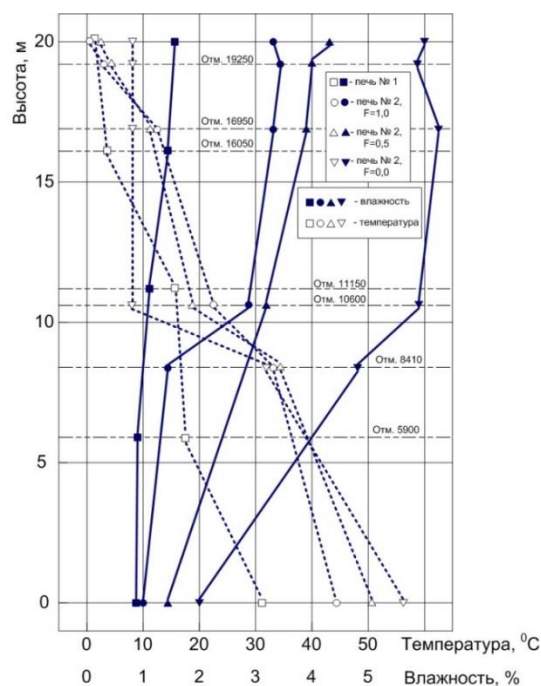


Рис. 2. Распределение температуры и влажности руды по высоте шахты печей № 1 и 2:

1 – печь № 1; 2, 3, 4 – печь № 2 при $F = 1; 0,5; 0$ соответственно

Изучение распределения температуры руды по высоте шахты для печей № 1 и № 2 (для случаев $F = 1; 0,5; 0$) показало, что при полностью закрытом байпасе и уменьшенной высоте шахты прогрев кусков руды при противоточном режиме происходит достаточно эффективно.

Из рис. 3 следует, что при полностью открытом байпасе температура газа, поступающего из байпаса, непрерывно уменьшается. Видно, что и для случая $F = 0,5$, когда расход газа через байпас резко сокращается, наиболее активно работает нижняя часть печи в режиме, близком к противоточному. При полностью закрытом байпасе ($F = 0$) процесс сушки также активнее протекает в нижней части печи, работающей в противоточном режиме (при сокращении полезной высоты шахты в два раза).

Для сравнения на рис. 4 показано распределение температур газов по высоте шахте печи № 1, работающей в чисто противоточном режиме. Видно, что средняя температура газа по мере его движения вверх непрерывно уменьшается, что указывает на интенсивный теплообмен между потоками газа и руды.

Результаты, полученные на шахтных печах № 1 и 2 в ходе промышленных исследований процесса сушки асбестовой руды, позволяют сделать ряд выводов и разработать некоторые рекомендации.

Заключение. Проведены исследования и выполнен анализ работы шахтных печей ОАО «Ураласбест», предназначенных для сушки асбестовой руды и имеющих различные схемы теплообмена. Рассмотрены достоинства и недостатки каждой схемы. Даны рекомендации по повышению эффективности процесса сушки руды за счет оптимизации режимных и конструктивных параметров.

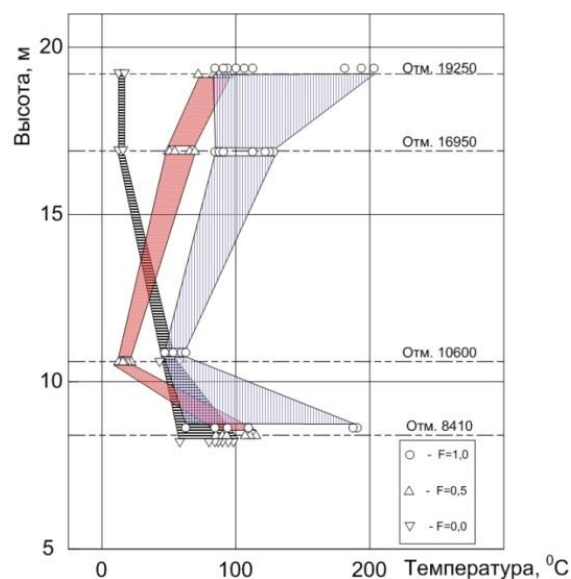


Рис. 3. Распределение температуры газов по высоте шахты печи № 2:
1,2,3-F – 1; 0,5; 0 соответственно

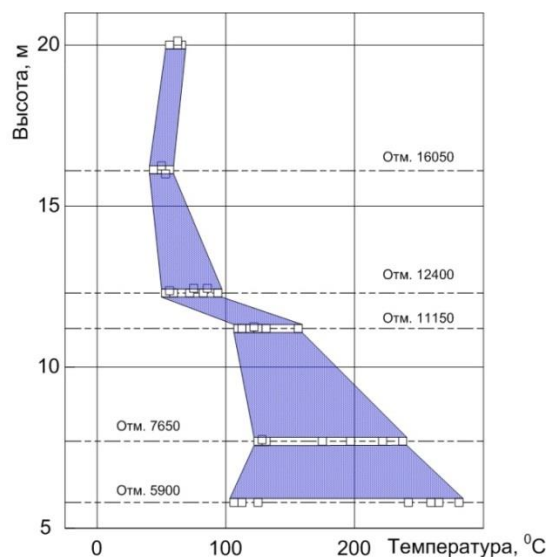


Рис. 4. Распределение температуры газов по высоте шахты печи № 1

Список использованных источников

- 1 Giustetto R., Seenivasan K., Belluso E. Asbestiform sepiolite coated by aliphatic hydrocarbons from Perletoa, Aosta Valley Region (Western Alps, Italy): characterization, genesis and possible hazards // Mineralogical Magazine. 2014. Vol. 78. No. 4. P. 919-940.
- 2 Кочнев Д. В. Определение зависимости технологических показателей работы обогатительной фабрики от состава поступающей руды в условиях ОАО «Ураласбест» // Горный журнал. 2012. №9. С. 107-110.
- 3 Кочнев Д.В., Цыпин Е.Ф. Управление номенклатурой продукции в условиях ОАО «Ураласбест» // Известия вузов. Горный журнал. 2012. № 7. С. 90-93.

4 Газалеева Г.И. Методы улучшения качества асбеста. – Екатеринбург: Изд-во УГТУ, 2005. – 153 с.

5 Олышанский А. И. Регулярный тепловой режим и влияние критериев подобия тепло- массообмена на процесс конвективной сушки пористой керамики // Инженерно-физический журнал. 2016. Т. 89. № 1. С. 37-48.

6 Падохин В.А., Зуева Г. А., Кокурина Г. Н., Кочкина Н. Е, Федосов С. В. Комплексное математическое описание тепло- и массопереноса в процессе сушки неограниченного тела цилиндрической формы аналитическими методами теории теплопроводности // Теоретические основы химической технологии. 2015. Т. 49. № 1. С. 54-64.

7 Кочелаев В.А., Газалеева Г.И., Осинцев А.А. Совершенствование технологии обогащения хризотил-асбеста на комбинате «Ураласбест» // Горный журнал. 2005. № 8. С. 24-28.

8 Газалеева Г.И., Тихонов О.Н. Проектирование комбинированных принципиальных схем на основе перебора концентратных фракций // Известия вузов. Горный журнал. 1987. № 5. С. 123-128.

УДК 669.2

А. Т. Ермеков¹, В. И. Матюхин², О. В. Матюхин², М. А. Путилов²

¹ Восточно-казахстанский технический университет,
г. Устькаменогорск, Казахстан;

² ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет
имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», г. Екатеринбург, Россия

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭНЕРГИИ АКУСТИЧЕСКОГО ПОЛЯ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ ПЫЛЕВЫНОСА В ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫХ АГРЕГАТАХ

Аннотация

Для снижения валового пылевыноса из высокотемпературных печей предлагается использовать энергию акустического поля, формируемого в их рабочем пространстве с применением акустических излучателей типа свистка Гартмана. Дано теоретическое обоснование внутрипечного пылеосаждения и разработаны принципы его реализации. На примерах промышленного внедрения показана эффективность использования этого способа.

Ключевые слова: *внутрипечное пылеосаждение, энергия акустического поля, свисток Гартмана.*

Abstract

For decrease in a gross pylevynos from high-temperature furnaces it is offered to use energy of the acoustic field of the type of a whistle of Gartman formed in their working space with use of acoustic radiators. Theoretical justification of intra oven dust precipitation is given and the principles of its realization are developed. On examples of industrial introduction the efficiency of use of this way is shown.

Key words: *intra oven dust precipitation, energy of the acoustic field, Gartman's whistle.*